

PATENT  
81784.0286

Express Mail Label No. EV 325 217 505 US

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of:

Yukihito TAKEDA

Serial No: Not assigned

Filed: September 23, 2003

For: Decimation Filter and Interpolation Filter

Art Unit: Not assigned

Examiner: Not assigned

**TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop PATENT APPLICATION

Commissioner for Patents

P.O. Box 1450

Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Enclosed herewith is a certified copy of Japanese patent application No. 2002-279020 which was filed September 25, 2002, from which priority is claimed under 35 U.S.C. § 119 and Rule 55.

Acknowledgment of the priority document(s) is respectfully requested to ensure that the subject information appears on the printed patent.

Respectfully submitted,

HOGAN & HARTSON L.L.P.

Date: September 23, 2003

By: 

Lawrence J. McClure

Registration No. 44,228

Attorney for Applicant(s)

500 South Grand Avenue, Suite 1900

Los Angeles, California 90071

Telephone: 213-337-6700

Facsimile: 213-337-6701

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日            2002年 9月25日  
Date of Application:

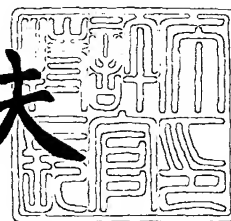
出願番号            特願2002-279020  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [JP2002-279020]

出願人            三洋電機株式会社  
Applicant(s):

2003年 9月 2日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号    出証特2003-3071730



【書類名】 特許願

【整理番号】 KJA1020015

【提出日】 平成14年 9月25日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03H 17/02

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会  
社内

    【氏名】 武田 幸人

【特許出願人】

    【識別番号】 000001889

    【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100075258

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 吉田 研二

    【電話番号】 0422-21-2340

【選任した代理人】

    【識別番号】 100096976

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 石田 純

    【電話番号】 0422-21-2340

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 001753

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1



【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 デシメーションフィルタおよびインターポレーションフィルタ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 A/D に使用するデシメーションフィルタであって、

ダウンサンプリングを行う FIR フィルタを複数カスケード接続し、最終段の FIR フィルタの係数語長を短くすることにより最終段の FIR フィルタの阻止域において減衰が不十分な領域を生じさせるとともに、

前記最終段の FIR フィルタの係数語の設定により、前記減衰が不十分な領域をナイキスト周波数近傍に集め、前段の FIR フィルタをもって最終段のナイキスト周波数近傍を減衰させることを特徴とするデシメーションフィルタ。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のデシメーションフィルタにおいて、

最終段の FIR フィルタおよび前段の FIR フィルタは  $1/2$  ダウンサンプリングを行うフィルタであり、最終段の FIR フィルタは、可聴帯域に対応する  $20\text{ kHz}$  程度以下を通過域とし、 $20\text{ kHz} \sim 40\text{ kHz}$  程度の範囲を阻止領域とし、かつ係数語長が 13 ビットであることを特徴とするデシメーションフィルタ。

【請求項 3】 D/A に使用するインターポレーションフィルタであって、

オーバーサンプリングを行う FIR フィルタを複数カスケード接続し、初段の FIR フィルタの係数語長を短くすることにより初段の FIR フィルタの阻止域において減衰が不十分になる領域を生じさせるとともに、

前記初段の FIR フィルタの係数語の設定により、前記減衰が不十分な領域をナイキスト周波数近傍に集め、次段の FIR フィルタをもって初段のナイキスト周波数近傍を減衰させることを特徴とするインターポレーションフィルタ。

【請求項 4】 請求項 3 に記載のインターポレーションフィルタにおいて、

初段の FIR フィルタおよび次段の FIR フィルタは 2 倍オーバーサンプリングを行うフィルタであり、初段の FIR フィルタは、可聴帯域に対応する  $20\text{ kHz}$  程度以下を通過域とし、 $20\text{ kHz} \sim 40\text{ kHz}$  程度の範囲を阻止領域とし、かつ係数語長が 13 ビットであることを特徴とするインターポレーションフィルタ。

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、A/Dに使用するデシメーションフィルタまたはD/Aに使用するインターポレーションフィルタ、特に使用するFIRフィルタの係数語長の短縮に関する。

**【0002】****【従来の技術】**

従来より、A/D変換にはデシメーションフィルタが利用され、D/A変換には、インターポレーションフィルタが利用される。特に、デシメーションフィルタには、1/2倍ダウンサンプリングFIRフィルタをカスケード接続されたものが利用され、インターポレーションフィルタには、2倍オーバーサンプリングFIRフィルタをカスケード接続したものが利用される。

**【0003】**

図1に、一般的なFIRフィルタの構成を示す。このように、入力信号は、直列接続された複数の $z^{-1}$ 遅延器1に入力される。そこで、各 $z^{-1}$ 遅延器1の出力には、順次積算して遅延された信号がそれぞれ得られる。各 $z^{-1}$ 遅延器1の出力は、それぞれ対応する係数乗算器2に入力され、それぞれ予め設定された係数 $a_0, a_1, \dots$ が乗算された後、加算器3に入力される。そこで、複数の遅延データについて、所定の重みで加算したデータが加算器3の出力に得られる。係数乗算器2の係数の設定などによって、各種のフィルタリング出力を加算器3の出力に得ることができる。

**【0004】**

図2に、従来のインターポレーションフィルタの一例を示す。2倍オーバーサンプリングFIRフィルタ4-1~4-3を3段カスケード接続して1fs（サンプリング周波数）のデジタルデータを8fsのデジタルデータに変換している。この構成は1fsのデジタルデータを8倍オーバーサンプリングFIRフィルタを用いて直接8fsのデジタルデータにするよりもハードウェアが小規模で実現できるためよく用いられている。

## 【0005】

図3～図5は、2倍オーバーサンプリングFIRフィルタ4-1～4-2を2段カスケード接続した4倍インターポレーションフィルタの特性の一例を示している。図3は、初段(1st) FIRフィルタ4-1、図4は次段(2nd) FIRフィルタ4-2、図5はフィルタ全体のフィルタ特性を示している。

## 【0006】

ここで、初段FIRフィルタ4-1の係数語長は16bitであり、フィルタ全体の阻止域減衰量は-64.5dBである。フィルタとしての総合特性はほぼ初段FIRフィルタの減衰量で決まり、初段FIRフィルタ4-1の阻止域減衰量を大きくしようとすれば回路規模もそれに比例して増大する。なお、次段のFIRフィルタ4-2はそれほど回路規模を増加させることなく阻止域減衰量を大きくすることができる。

## 【0007】

図6は、従来のデシメーションフィルタの一例を示す。1/2倍ダウンサンプリングFIRフィルタ5-1～5-3を3段カスケード接続して8fsのデジタルデータを1fsのデジタルデータにしている。1/2倍ダウンサンプリングFIRフィルタ5-1～5-2を2段カスケード接続した1/4倍デシメーションフィルタフィルタの特性は、図3、4と同一であり、図3が、最終段FIRフィルタ5-3、図4がその前段FIRフィルタ5-2、図5がフィルタ全体のフィルタ特性となる。

## 【0008】

## 【発明が解決しようとする課題】

FIR型デジタルフィルタでは、出力 $y_j$ は入力 $x_i$ 、フィルタ係数 $h_i$ 、タップ数 $n$ に対し、 $y_j = \sum h_i \cdot x_i$  ( $i = 1, \dots, n$ )と表され、基本的には乗算器が必要となる。乗算器を使用しない場合においては、パラレルシフト加算器を使用して時分割で乗算を行う。従来の技術においては阻止域減衰量を大きくしようとすれば、フィルタ係数語長、タップ数ともに増大する。特に、前記したようにインターポレーションフィルタでは初段のフィルタ回路規模が、デシメーションフィルタでは最終段のフィルタ回路規模が著しく増大する。

## 【0009】

フィルタ係数語長が長くなると、乗算器の回路規模が増大する。また、パラレルシフト加算器を使用する場合においては、演算にかかる時間が増大し、所定時間内に演算が終わらなくなるためパラレルシフト加算器を複数持つなどの対策が必要になるため回路規模が増大する。

## 【0010】

本発明は、上記課題に対してなされたものであり、その目的はより少ないハードウェアで阻止域減衰量の大きなデジタルフィルタを提供することにある。

## 【0011】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、A/Dに使用するデシメーションフィルタであって、ダウンサンプリングを行うFIRフィルタを複数カスケード接続し、最終段のFIRフィルタの係数語長を短くすることにより最終段のFIRフィルタの阻止域において減衰が不十分な領域を生じさせるとともに、前記最終段のFIRフィルタの係数語の設定により、前記減衰が不十分な領域をナイキスト周波数近傍に集め、前段のFIRフィルタをもって最終段のナイキスト周波数近傍を減衰させることを特徴とする。

## 【0012】

また、デシメーションフィルタにおいて、最終段のFIRフィルタおよび前段のFIRフィルタは1/2ダウンサンプリングを行うフィルタであり、最終段のFIRフィルタは、可聴帯域に対応する20kHz程度以下を通過域とし、それ以上の20kHz～40kHz程度の範囲を阻止領域とし、かつ係数語長が13ビットであることが好適である。

## 【0013】

また、本発明は、D/Aに使用するインターポレーションフィルタであって、オーバーサンプリングを行うFIRフィルタを複数カスケード接続し、初段のFIRフィルタの係数語長を短くすることにより初段のFIRフィルタの阻止域において減衰が不十分になる領域を生じさせるとともに、前記初段のFIRフィルタの係数語の設定により、前記減衰が不十分な領域をナイキスト周端数近傍に集



め、次段のFIRフィルタをもって初段のナイキスト周端数近傍を減衰させることを特徴とする。

#### 【0014】

また、インターポレーションフィルタにおいて、初段のFIRフィルタおよび次段のFIRフィルタは2倍オーバーサンプリングを行うフィルタであり、初段のFIRフィルタは、可聴帯域に対応する20kHz程度以下を通過域とし、それ以上の20kHz～40kHz程度の範囲を阻止領域とし、かつ係数語長が13ビットであることが好適である。

#### 【0015】

このように、本発明によれば、ナイキスト周端数近傍の不十分な減衰量を前段、もしくは次段のFIRフィルタでもって減衰させることにより、デジタルフィルタ全体として大きな阻止域減衰量を実現する。

#### 【0016】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態について、図面に基づいて説明する。

#### 【0017】

実施形態に係るインターポレーションフィルタのハード構成は、基本的に図2の従来例と同一の構成であり、3つの直列接続されたオーバーサンプリングFIRフィルタ4-1～4-3からなっている。そして、各FIRフィルタ4-1～4-3が、それぞれ2倍のオーバーサンプリングを行うことで、サンプリング周波数1fsで入力された信号のサンプリング周波数が順次2倍になり、8fsで出力される。また、各FIRフィルタ4-1～4-3は、基本的に図1に示す構成と同一である。

#### 【0018】

ここで、この1st FIRフィルタ4-1は、係数乗算器2の係数の桁数（係数語長）を通常の場合に比べ小さくしている。すなわち、従来の1st FIRフィルタ4-1では、その係数語長は16ビットであったが、本実施形態ではこれを13ビットにしている。

#### 【0019】

従来の 1 s t F I R フィルタ 4-1 において、係数語長を 13 ビットとした場合には、その特性は図 7 に示したようにものになる。

#### 【0020】

このように単純に係数語調を短くすると、係数の丸め誤差（量子化誤差）の影響により、図 3 に比べ、凸凹の特性になり、係数の丸め誤差の影響により阻止域において十分な減衰量を得ることができない。2 n d F I R フィルタ 4-2 をあわせたフィルタ全体の特性は、図 8 に示したとおりである。フィルタ全体の阻止域減衰量は -60.4 dB になっており、図 5 の場合に比べ、4.1 dB 特性が劣化している。

#### 【0021】

このように、フィルタの係数語長を短くすると、量子化誤差の影響により、フィルタ特性が劣化する。

#### 【0022】

そこで、本実施形態では、係数語長を通常より短く、例えば 13 ビットとするが、1 s t F I R フィルタ 4-1 の係数乗算器 2 の係数を通常の場合とは異なる設定にする。例えば、1 s t F I R フィルタ 4-1、2 n d F I R フィルタ 4-2 の係数を表 1 に示すような値に設定する。なお、この例では、1 s t F I R フィルタ 4-1 は 79 段、2 n d F I R フィルタ 4-2 は 15 段としている。なお、2 n d F I R フィルタ 4-2 の係数は従来例と同じである。

#### 【0023】

【表1】

1st FIR		2nd FIR	
	係数		係数
a0,a78	-4/8192	b0,b14	-7/2048
a1,a77	0	b1,b13	0
a2,a76	4/8192	b2,b12	40/2048
a3,a75	0	b3,b11	0
a4,a74	-7/8192	b4,b10	-146/2048
a5,a73	0	b5,b9	0
a6,a72	10/8192	b6,b8	62/2048
a7,a71	0	b7	1024/2048
a8,a70	-15/8192		
a9,a69	0		
a10,a68	20/8192		
a11,a67	0		
a12,a66	-27/8192		
a13,a65	0		
a14,a64	36/8192		
a15,a63	0		
a16,a62	-47/8192		
a17,a61	0		
a18,a60	60/8192		
a19,a59	0		
a20,a58	-76/8192		
a21,a57	0		
a22,a56	96/8192		
a23,a55	0		
a24,a54	-121/8192		
a25,a53	0		
a26,a52	153/8192		
a27,a51	0		
a28,a50	-196/8192		
a29,a49	0		
a30,a48	255/8192		
a31,a47	0		
a32,a46	-345/8192		
a33,a45	0		
a34,a44	502/8192		
a35,a43	0		
a36,a42	-857/8192		
a37,a41	0		
a38,a40	2604/8192		
a39	4096/8192		

図9に、表1のように係数を設定した1st FIRフィルタ4-1の特性が示

されている。このように、フィルタの阻止特性が劣化する領域が、40 kHz ～ 50 kHz 程度のナイキスト周波数近辺に集められている。なお、本実施形態の A/D 変換や、D/A 変換は、オーディオなどに用いることを基本としている。従って、1st FIR フィルタ 4-1 の遮断周波数は、20 kHz 程度（20 数千 kHz）であり、1st FIR フィルタ 4-1 のナイキスト周波数は、40 kHz 程度（40 数千 kHz）である。

#### 【0024】

このように、本実施形態によれば、1st FIR フィルタ 4-1 の係数語長を 16 bit から 13 bit に丸める際に、ナイキスト周端数近傍に丸め誤差による減衰量不足が集中するように係数を調整している。従って、図 9 に示すように、1st FIR フィルタ 4-1 単体の阻止域減衰量は -60 dB であるが、図 10 に示すように、2nd FIR フィルタ 4-2 によりナイキスト周端数近傍の特性が改善され、フィルタ全体の阻止域減衰量は -63.6 dB を実現している。これによって、係数語長 16 bit のデジタルフィルタと同等レベルの減衰量が得られる。

#### 【0025】

以上のように、本実施形態のインターポレーションフィルタによれば、2 倍オーバーサンプリング FIR フィルタ 4-1、4-2 をカスケード接続し、1st FIR フィルタ 4-1 の係数語長を短くする。これにより 1st FIR フィルタ 4-1 の阻止域において減衰が不十分になる。しかし、1st FIR フィルタ 4-1 の減衰が不十分な領域をナイキスト周端数近傍に集めている。従って、2nd FIR フィルタ 4-2 をもってナイキスト周端数近傍を減衰させることができ、フィルタ全体としての減衰量を十分なものにできる。

#### 【0026】

また、本実施形態に係るデシメーションフィルタの構成は、図 6 と同一である。そして、カスケード接続された 3 つの 1/2 倍ダウンサンプリング FIR フィルタ 5-1、5-2、5-3 の最終段の FIR フィルタ 5-3 の係数語長を例えば 13 ビットと通常に比べ短くする。これにより最終段の FIR フィルタ 5-3 の阻止域において減衰が不十分になる。しかし、係数の設定によって、減衰が不

十分な領域をナイキスト周端数近傍に集めることで、前段のFIRフィルタ5-2をもってナイキスト周波数近傍を減衰させる。これによって、フィルタ全体としての減衰量を十分なものにできる。

#### 【0027】

このように、本実施形態によれば、13ビットと従来の16ビットより少ない係数語長で大きな阻止域減衰量を得ることが可能となる。従って、乗算器を使用する場合においてはハードウェアの増加を抑制することができ、パラレルシフト加算器を使用する場合においては演算にかかる時間を抑制することができ、またハードウェアの増加を抑制することができる。

#### 【0028】

##### 【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、FIRフィルタをカスケード接続し、最終段（デシメーションフィルタ）あるいは初段（インターポレーションフィルタ）における係数語長を短くする。これにより初段あるいは最終段のFIRフィルタの阻止域において減衰が不十分になる。しかし、この初段あるいは最終段のFIRフィルタの減衰が不十分な領域をナイキスト周端数近傍に集めている。従って、次段あるいは前段のFIRフィルタをもって初段あるいは最終段のナイキスト周端数近傍を減衰させることができ、フィルタ全体としての減衰量を十分なものにできる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】 FIRフィルタの構成を示す図である。

【図2】 インターポレーションフィルタの構成ブロック図である。

【図3】 従来の1st FIRフィルタ（係数長16ビット）のフィルタ特性を示す図である。

【図4】 従来の2nd FIRフィルタのフィルタ特性を示す図である。

【図5】 従来の1st（係数長16ビット）および2nd FIRフィルタのトータルのフィルタ特性を示す図である。

【図6】 デシメーションフィルタの構成ブロック図である。

【図7】 従来の1st FIRフィルタ（係数長13ビット）のフィルタ特

性を示す図である。

【図 8】 従来の 1 s t (係数長 1 3 ビット) および 2 n d F I R フィルタのトータルのフィルタ特性を示す図である。

【図 9】 実施形態の 1 s t F I R フィルタ (係数長 1 3 ビット) のフィルタ特性を示す図である。

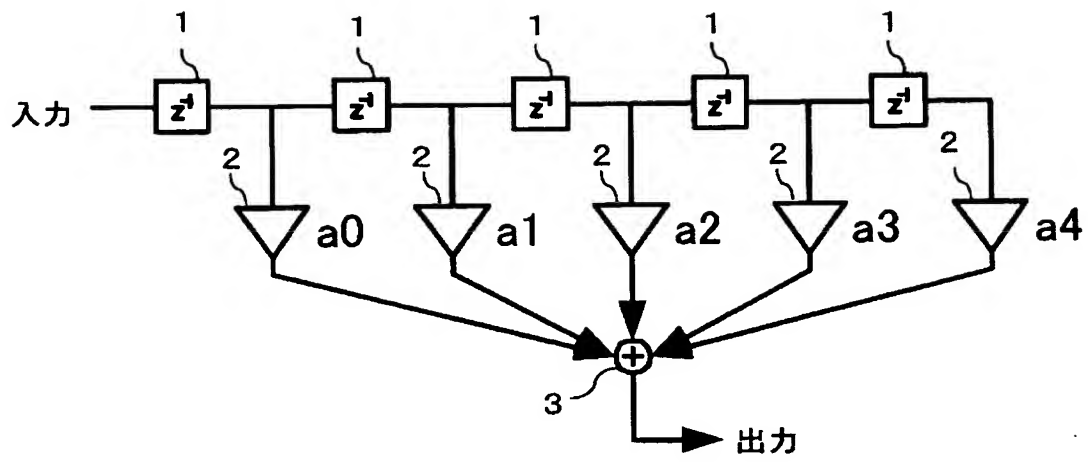
【図 1 0】 実施形態の 1 s t (係数長 1 3 ビット) および 2 n d F I R フィルタのトータルのフィルタ特性を示す図である。

【符号の説明】

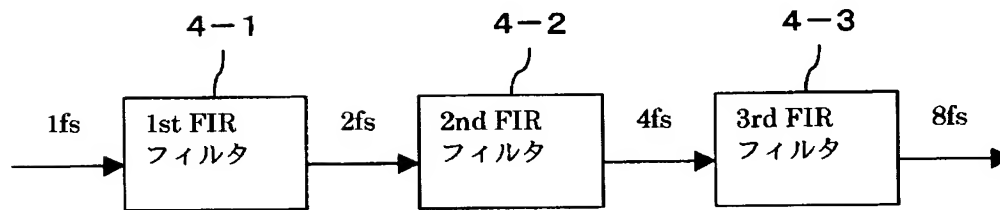
1  $z^{-1}$ 遅延器、2 係数乗算器、3 加算器、4 - 1 ~ 4 - 3 F I R フィルタ、5 - 1 ~ 5 - 3 F I R フィルタ。

【書類名】 図面

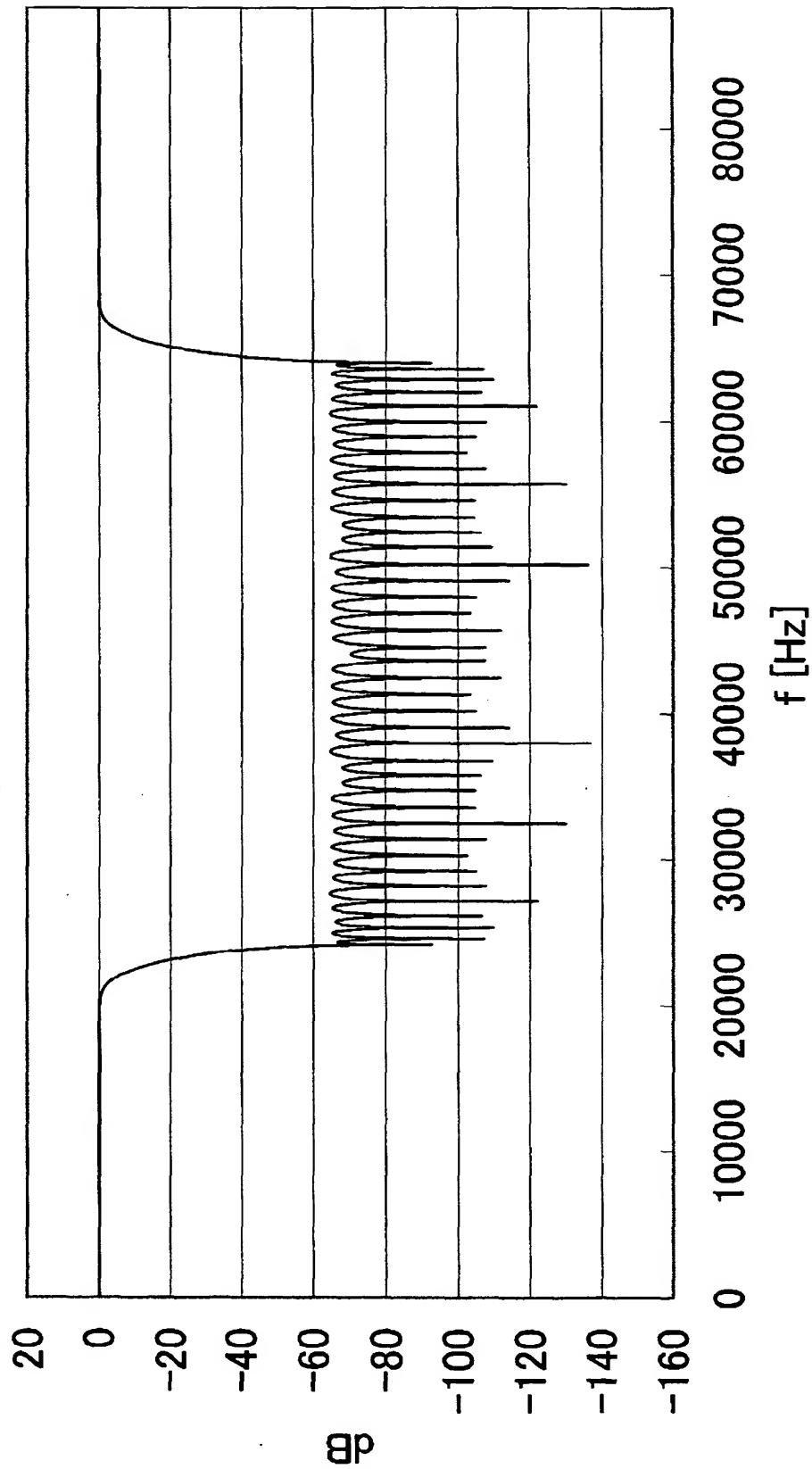
【図 1】



【図 2】

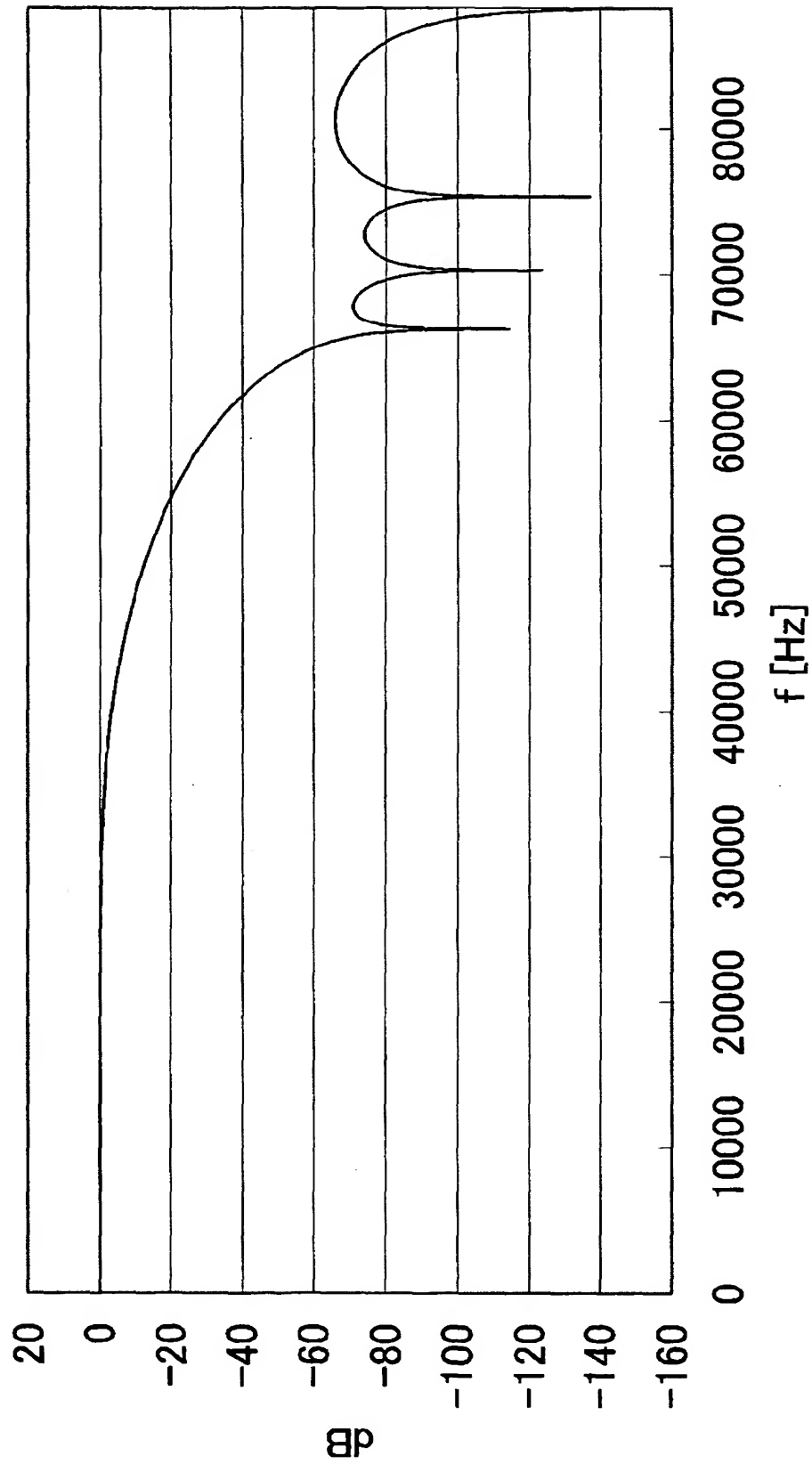


【図 3】

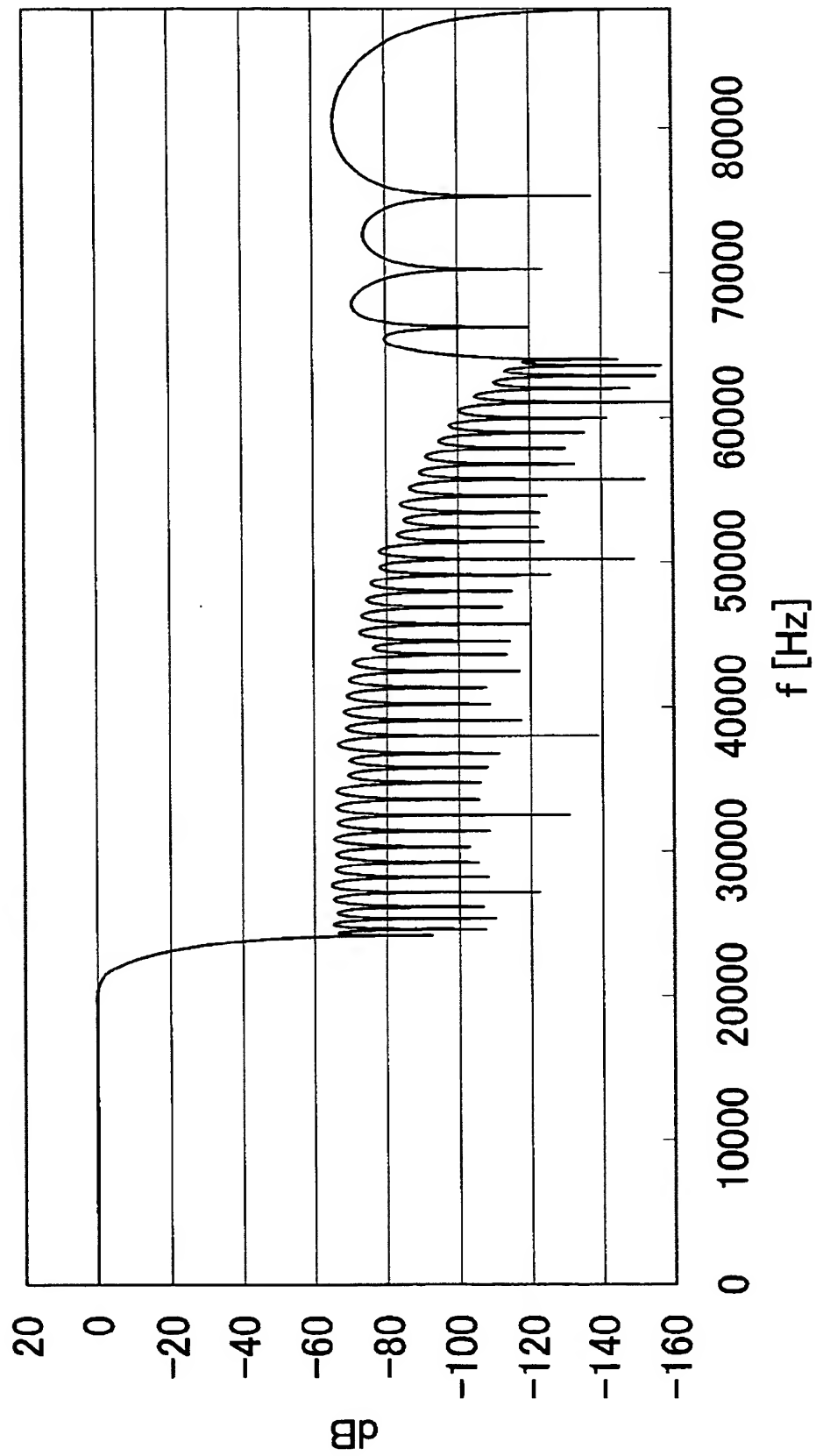




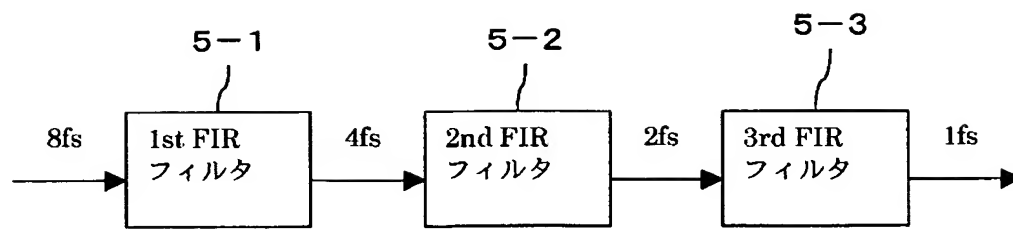
【図 4】



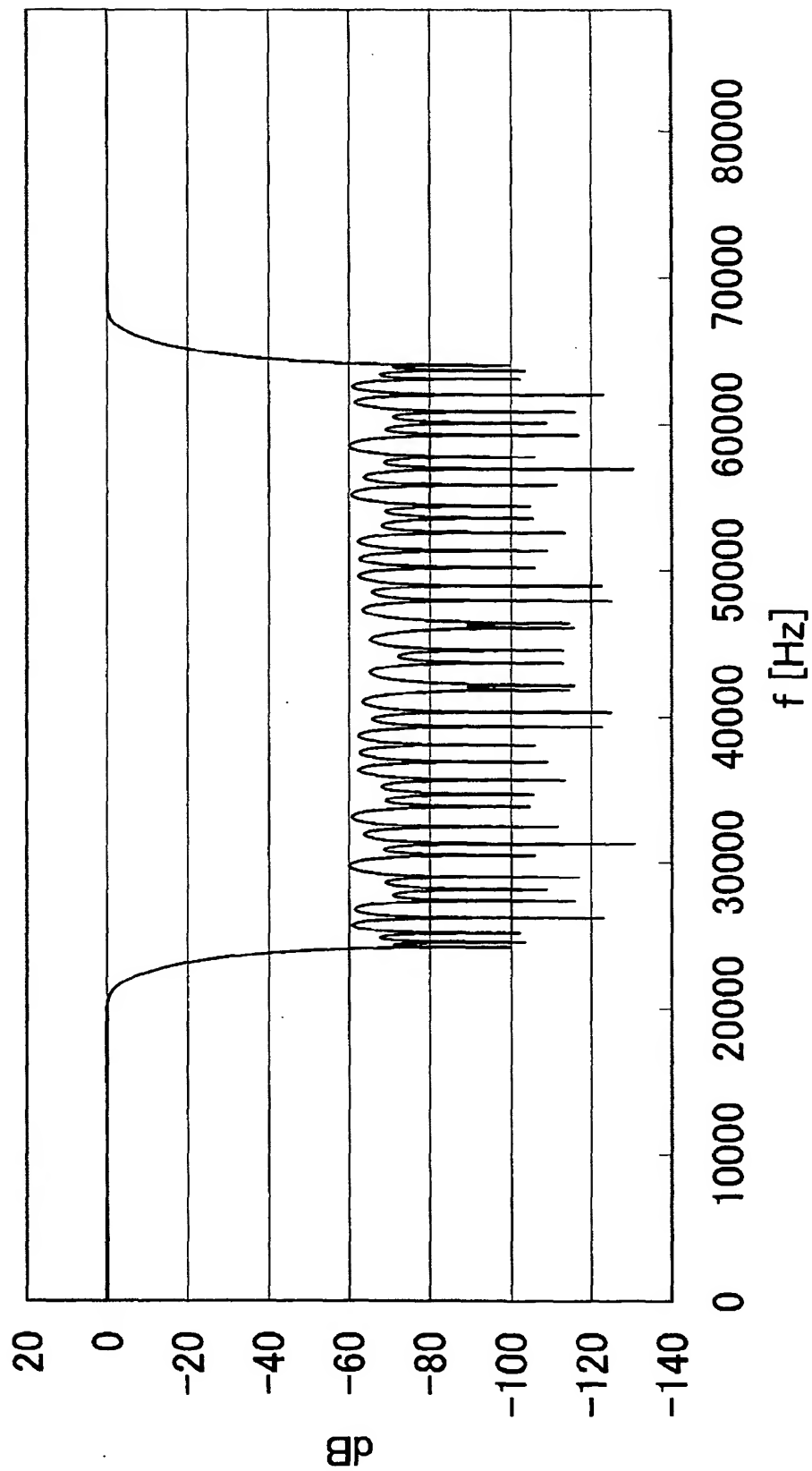
【図 5】



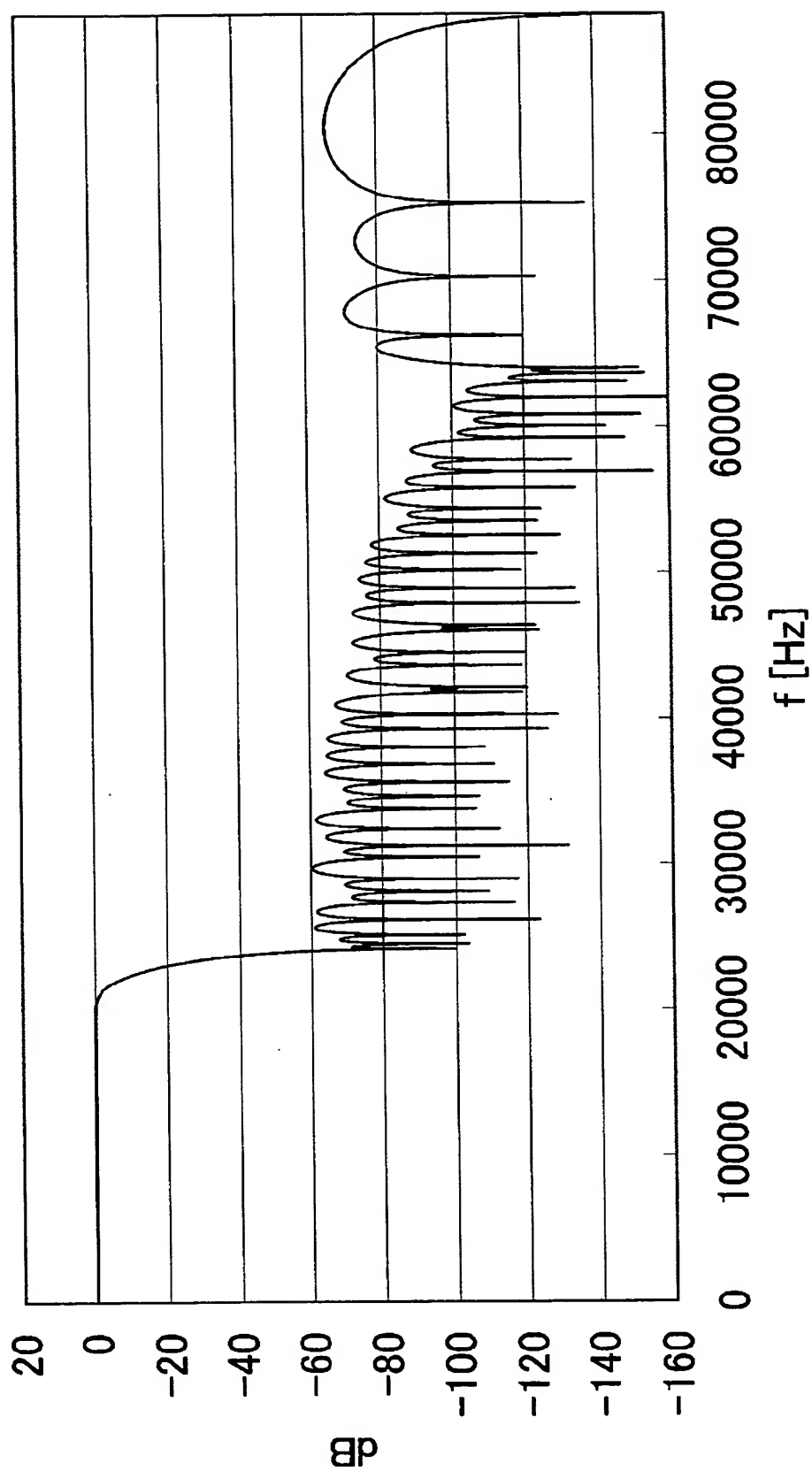
【図 6】



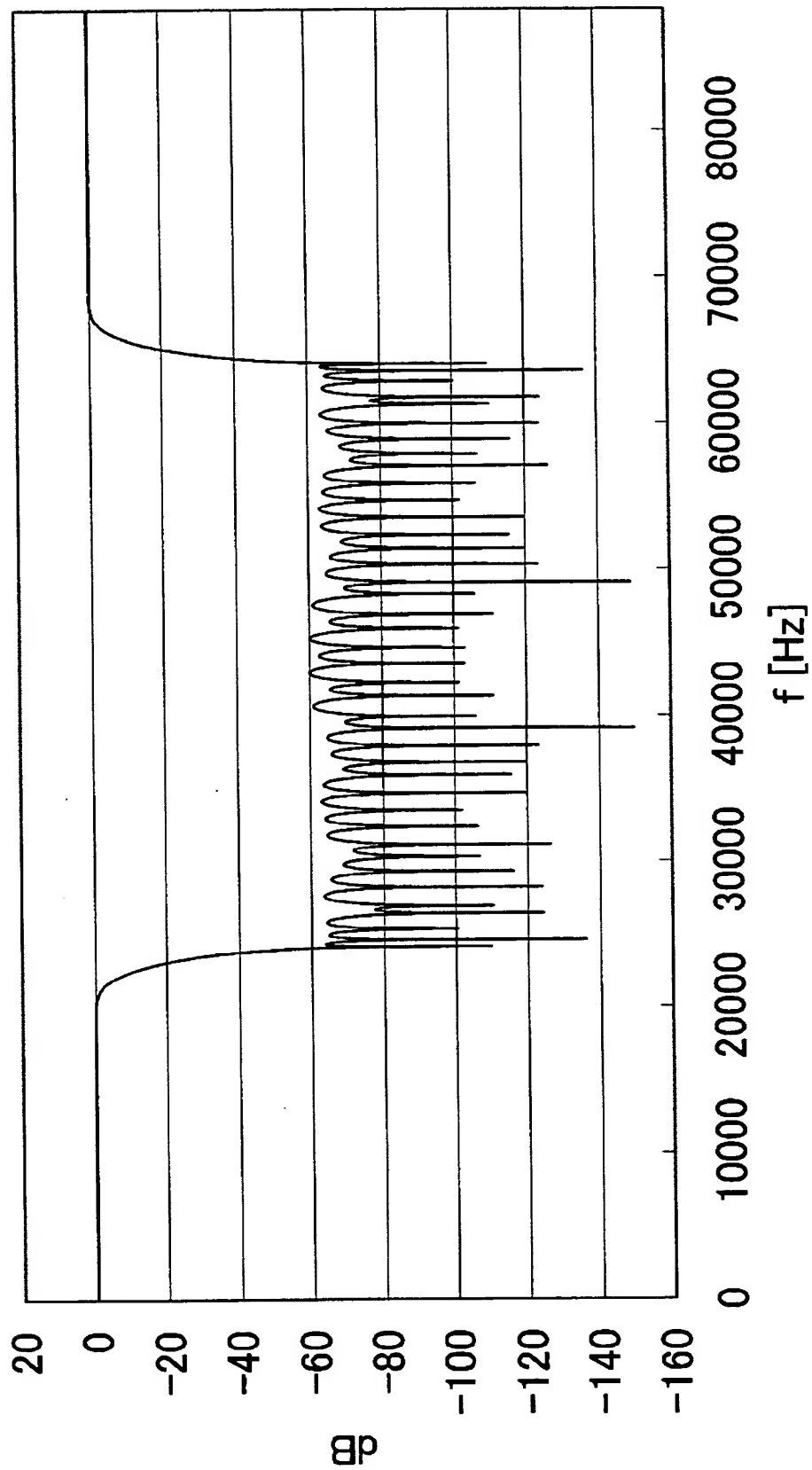
【図 7】



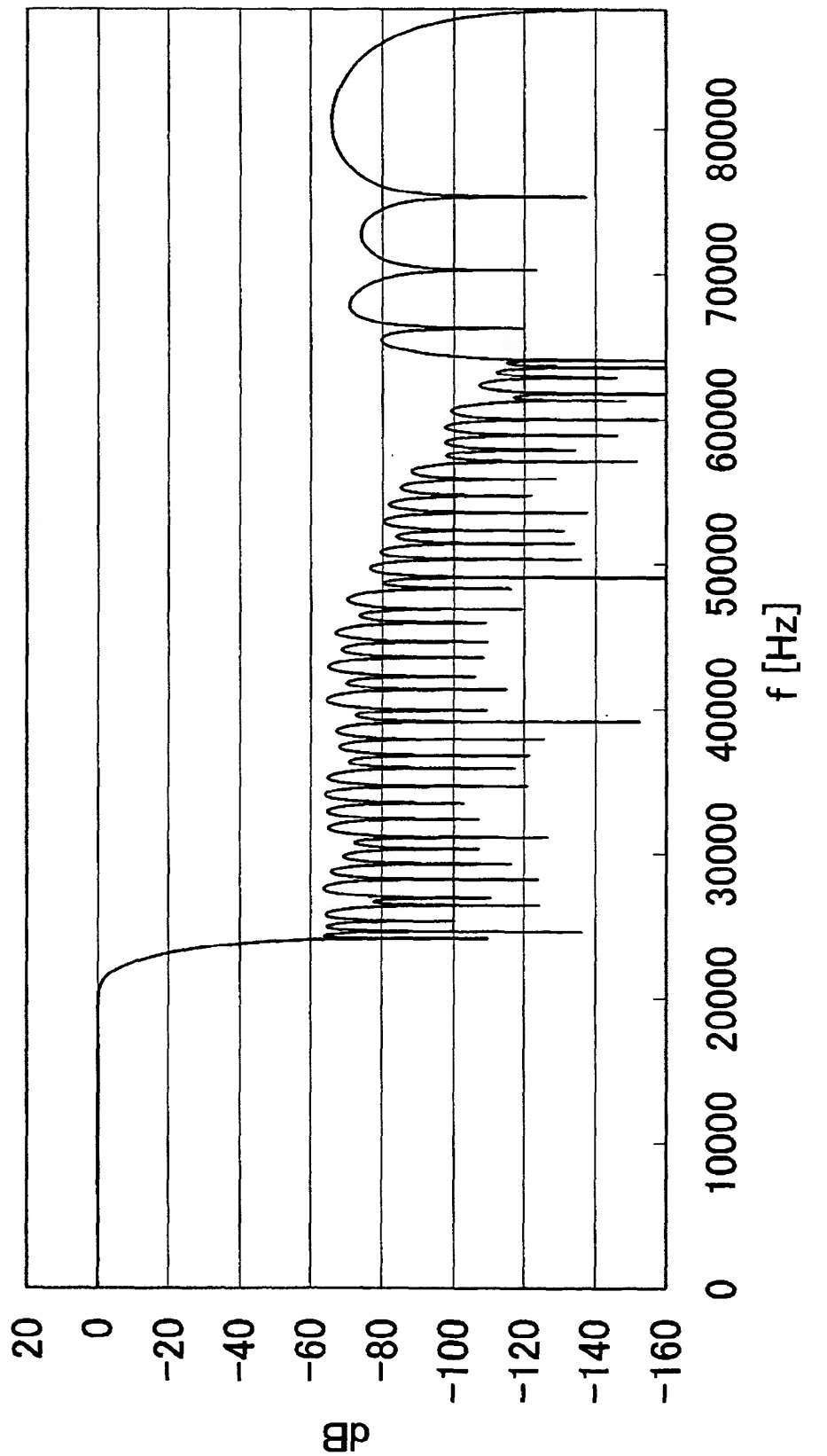
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 少ないハードウェアで阻止域減衰量の大きなデシメーションフィルタまたはインターポレーションフィルタを提供する。

【解決手段】 初段の 1 s t F I R フィルタ 4 - 1 における係数長を通常より小さくする。そして、この係数設定を調整してナイキスト周波数近辺に減衰量が十分でない領域を集中させる。これによって、2 n d F I R フィルタ 4 - 2 により 1 s t F I R フィルタ 4 - 1 により減衰量が十分でない領域の減衰量を十分なものにする。

【選択図】 図 2



特願 2 0 0 2 - 2 7 9 0 2 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 1 8 8 9 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 4 日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 1 8 番地  
氏 名 三洋電機株式会社
2. 変更年月日 1 9 9 3 年 1 0 月 2 0 日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 大阪府守口市京阪本通 2 丁目 5 番 5 号  
氏 名 三洋電機株式会社